

Yacimientos excepcionales de trilobites del Ordovícico ibérico

Outstanding trilobite sites from the Ordovician of the Iberian Peninsula

Isabel Rábano¹, Juan Carlos Gutiérrez-Marco² y Artur A. Sá³

¹Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España.
c/ Ríos Rosas, n.º 23. E-28003 Madrid. España
i.rabano@igme.es

²Instituto de Geociencias (Consejo Superior de Investigaciones Científicas,
Universidad Complutense de Madrid). c/ José Antonio Novais, n.º 2.
E-28040 Madrid. España.
jcgrapto@ucm.es

³Departamento de Geologia. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
Centro de Geociências da Universidade de Coimbra. Quinta de Prados.
P-5000-801 Vila Real. Portugal
asa@utad.pt

PALABRAS CLAVE: Trilobites, Ordovícico, *Lagerstätten*, España, Portugal

KEY WORDS: Trilobites, Ordovician, *Lagerstätten*, Spain, Portugal

RESUMEN

Se presentan diversos yacimientos españoles y portugueses con conservación excepcional de trilobites ordovícicos. En la Zona Cantábrica, el Túnel Ordovícico del Fabar proporcionó niveles de obrucción con trilobites en posición de vida y evidencia de hábitos gregarios en estadios juveniles de *Placoparia*, así como la detallada conservación de larvas, huevos e improntas orgánicas. En la Zona Centroibérica, el yacimiento portugués de Arouca contiene formas gigantes de trilobites y congregaciones monoespecíficas para la muda o la reproducción, en niveles similares a los de algunas localidades de los Montes de Toledo. Otra localidad portuguesa (Mação) destaca por la buena conservación y variedad de trilobites del Ordovícico Superior. Finalmente, en dos localidades de la Zona de Ossa-Morena se localizan los únicos ciclopígididos (trilobites pelágicos) conocidos en la península Ibérica. Gran parte de los yacimientos reseñados se halla en una fase inicial de estudio.

ABSTRACT

Several Spanish and Portuguese fossil localities with exceptionally-preserved Ordovician trilobites are briefly examined herein. The El Fabar Ordovician Tunnel in the Cantabrian Zone includes obrution beds with trilobites in life-position and monospecific groups indicating gregarious habits in juvenile stages of *Placoparia*. Another horizons show fine preservation of trilobite larvae, eggs (possibly of trilobites) and organic impressions on cephalata and pygidia of some illaenids and asaphids. In the Central-Iberian Zone, the Por-

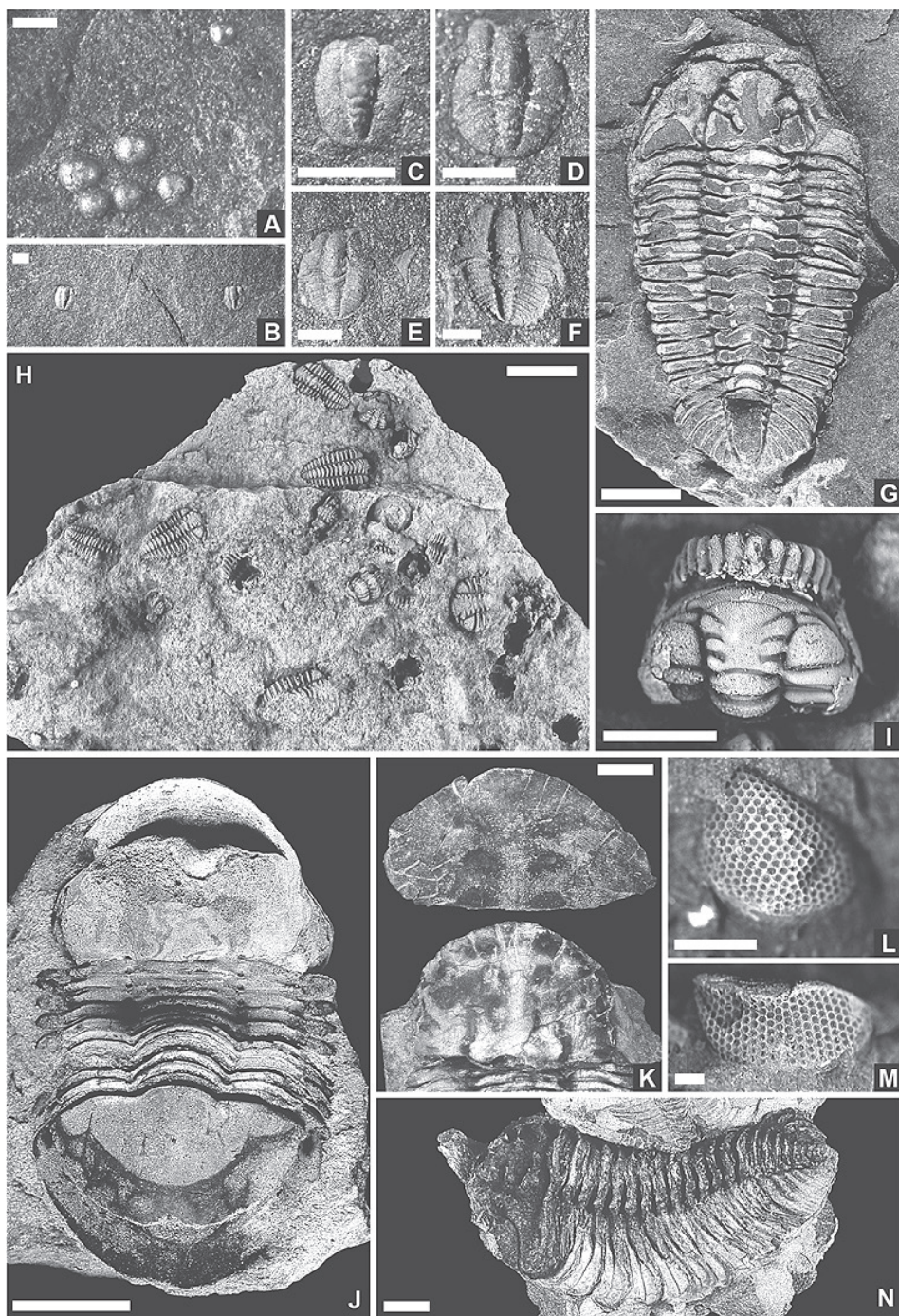
tuguese locality of Arouca yielded giant trilobites related probably to “polar gigantism”, as well as large concentrations of individuals of certain species for mating or molting. All these phenomena have been also recorded in trilobites from the same beds in the Toledo Mountains of central Spain. A second Portuguese locality (Mação) enhanced good preservation and displays a remarkable diversity of Upper Ordovician trilobites. Finally, two trilobite localities placed in the Ossa-Morena Zone contain the only cyclopygids (pelagic forms) so far recognized in the Iberian Peninsula. Most of these localities still remain partially studied.

1. INTRODUCCIÓN

Aunque las primeras ilustraciones de trilobites españoles datan del s. XVIII (TORRUBIA, 1754: lám. 3, fig. 4), el conocimiento científico de las formas ordovícicas no se inicia hasta mediados del s. XIX, con leve precedencia de Portugal (SHARPE, 1849; RIBEIRO *et al.*, 1853) sobre España (VERNEUIL & BARRANDE, 1855). A excepción de algunas monografías antiguas (DELGADO, 1892, 1897; BORN, 1918; THADEU, 1947, 1949, 1956), los estudios sobre los trilobites del Ordovícico ibérico se concentran en el periodo 1971-1992, a cargo generalmente de especialistas foráneos como el alemán Wolfgang Hammann (Universidad de Würzburg) trabajando en España, y el inglés Mike Romano (Universidad de Sheffield) en Portugal, a veces ambos con la colaboración del francés Jean-Louis Henry (Universidad de Rennes). La mayoría de las publicaciones de estos autores tratan sobre trilobites del Ordovícico Medio y Superior procedentes de yacimientos clásicos de la Zona Centroibérica, entre los que descubrieron numerosos géneros y especies nuevas de calimenoideos, dalmanitoideos, illaenoideos, odontopleuroideos y cheiruroideos: ver, por ejemplo, HAMMANN (1974, 1976, 1983, 1992), ROMANO (1975, 1976, 1980, 1982, 1991), HENRY & ROMANO (1978) o ROMANO & HENRY (1982), todos con bibliografía previa.

Los estudios puramente taxonómicos y sistemáticos desarrollados por los autores citados, y posteriormente también por los firmantes de este trabajo, entre otros, permitieron deslindar una serie de yacimientos de trilobites ordovícicos que revisten caracteres excepcionales en cuanto a la conservación, abundancia, diversidad o interés paleoecológico de las distintas asociaciones, cuyos rasgos esenciales se resumen en la presente nota. Fuera del ámbito del Macizo Hespérico, los trilobites ordovícicos son raros en las Cadenas Costeras Catalanas y en el núcleo varisco de los Pirineos, donde de momento no se ha localizado ningún punto con características especialmente destacables.

Fig. 1 (pág. opuesta). Trilobites del Túnel Ordovícico del Fabar (Ribadesella, Asturias). **A.** Huevos piritizados de invertebrados, posiblemente trilobites. **B-G.** *Prionocheilus mendax* (Vaněk): larvas protaspis (B, C), exuvios de estados meraspis sucesivos (D, E; en E puede observarse la librígena derecha desarticulada) y holaspis (F) e individuo adulto (G). **H, I.** *Placoparia* (*Coplocoparia*) *tournemini* Rouault: H, concentración de ejemplares holaspis juveniles, algunos de ellos con el caparazón enrollado (huecos redondeados); I, réplica en látex de un ejemplar enrollado. **J, K.** *Ectillaenus giganteus* (Burmeister): J, exuvio casi completo, con rostro e hipostoma desarticulado en el interior del cránidio (arriba), e impronta orgánica en la doblez y área central del pigidio; K, cránidios con pares de marcas musculares cefálicas.



L. Molde interno de un ojo pedunculado holocroal de *Prionocheilus mendax* (Vaněk). M. Ojo esquizocroal de *Phacopidina* sp. N. *Neseuretus tristani* (Brongniart), ejemplar enterrado en posición de vida. Escalas gráficas: A-F, L y M, 1 mm; G e I, 5 mm; H, J, K y N, 10 mm.

2. TÚNEL ORDOVÍCICO DEL FABAR (ZONA CANTÁBRICA)

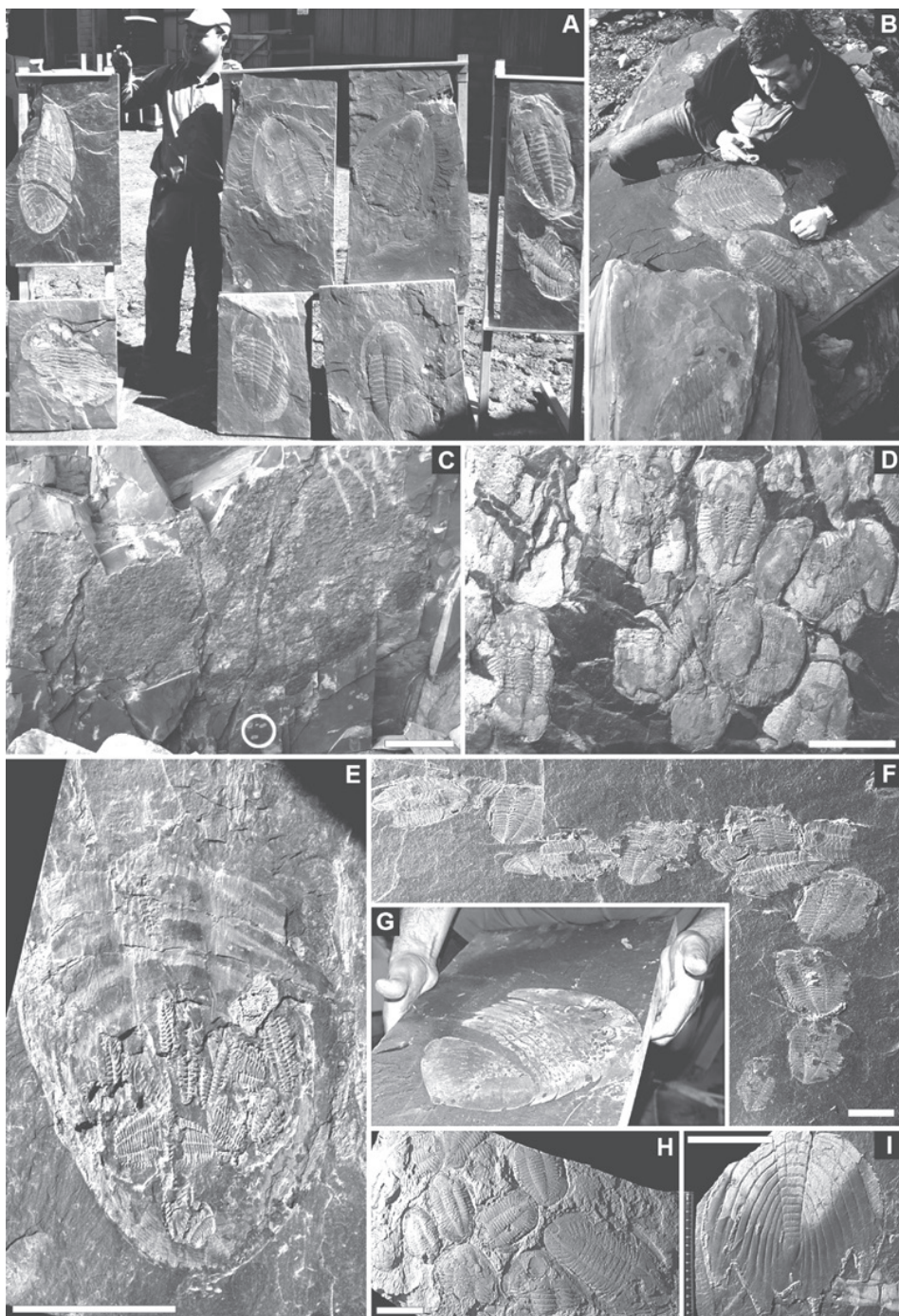
La construcción entre 1999 y 2001 de uno de los túneles de la autovía del Cantábrico, al oeste de Ribadesella (Asturias), propició el descubrimiento de numerosos niveles con trilobites en la Formación Suevo del Ordovícico Medio cantábrico, dos de los cuales revisten características excepcionales. La sección fue publicada someramente por GUTIÉRREZ-MARCO & BERNÁRDEZ (2001) y GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* (2003), ilustrándose los trilobites más relevantes en el libro de GUTIÉRREZ-MARCO & BERNÁRDEZ (2003), sin que hasta el momento hayan sido objeto de estudio detallado.

Los horizontes fosilíferos más interesantes son los llamados 57 y 55, situados respectivamente entre 45 y 47 m por encima de la base de la unidad, en niveles emplazados en el Dobrotiviense inferior (= Darriwiliense superior de la escala global).

El horizonte 57 conserva numerosos trilobites sepultados vivos por una o más avalanchas súbitas de sedimento, de modo que sus cadáveres se muestran en posición de vida (arqueada dorsalmente en el caso de *Neseuretus tristani*; Fig. 1N), o bien enrollados en actitud defensiva (Fig. 1I). El proceso de obrucción afectó a grupos monoespecíficos de *Placoparia tourneminei*, cada uno de ellos formados por 15-20 individuos visibles, con escasa variación de tamaño. La existencia de grupos integrados casi exclusivamente por individuos inmaduros, en un mismo estado holaspis juvenil (Fig. 1H), sugiere que los hábitos gregarios no tendrían como fin exclusivo protegerse de los depredadores durante la muda o la reproducción, sino que *Placoparia* viviría probablemente en grupos hasta alcanzar una cierta talla, que le hiciera menos vulnerable frente a los depredadores. Los cadáveres de asáfidos e ilénidos procedentes del mismo horizonte suelen conservar excepcionalmente bien las marcas musculares cefálicas (Fig. 1K), y un ejemplar de *Ectillaenus giganteus* preserva la impronta de una estructura orgánica desconocida, desarrollada entre la doblez pigidial y la mitad posterior de la cara interna ventral del pigidio, a modo de tres arcos desiguales (Fig. 1J). De este nivel proceden también los huevos de invertebrados más antiguos encontrados en España (Fig. 1A), piritizados y asociados con ejemplares enrollados de *Placoparia*. Cabe la posibilidad de que estos huevos fuesen de trilobites, por su aspecto bastante próximo a los descritos por BARRANDE (1852) en el Ordovícico de Bohemia, y a las puestas descubiertas en el *Lagerstätte* de Kaili del Cámbrico medio de China (LIN *et al.*, 2006).

Por su parte, el horizonte 55 resulta interesante porque el grano fino de la roca y el ambiente tranquilo de depósito facilitó la preservación de estructuras delicadas, como las mudas de diversos estadios larvarios (metaprotaspis y meraspis de varios grados) del calimenáceo *Prionocheilus mendax* (Figs. 1B-G), moldes de ojos esquizocroales y holocroales (Figs. 1L-M), además de algunos trilobites

Fig. 2 (pág. opuesta). Trilobites del Geoparque Arouca (Portugal). **A, B.** Individuos de gran talla de la especie *Ogyginus forteyi* Rábano, uno de ellos enrollado. **C, D.** *Ectillaenus giganteus* (Brongniart): frente de explotación de pizarra con concentración de exuvios correspondientes a más de un millar de individuos, denotando la muda colectiva (C; el círculo marca dos ejemplares completos para tamaño comparativo), y detalle de algunos individuos de la especie en un grupo aparte (D). **E.** Grupo de *Placoparia* (*P.*) *cambriensis* (Hicks) protegido bajo un resto de tórax+pigidio de un *Ogyginus* de gran talla. **F.** Concentración de *Bathyecheilus castilianus* Hamman a lo largo de una galería en "L" colapsada. **G.** *Nobiliasaphus delessei* (Dufet) aparecido durante el procesamiento industrial de la pizarra. **H.** Grupo de gran-



des individuos de *O. forteyi*, probablemente concentrados para la reproducción. **I.** *Hungioides bohemicus* (Novák in Perner), pigidio de un individuo de gran talla (alrededor de 90 cm: GUTIÉRREZ-MARCO *et al.*, 2009). Escalas gráficas: C, 1 m; D-E y H-I, 10 cm; F, 2 cm.

raros a nivel ibérico, entre ellos ciclopigoideos (*Parabarrandia*), odontopleuroideos (*Selenopeltis*, *Primaspis*) y trinucleoideos (*Dionide*). El caso de este último género es particularmente interesante, dado que a escala ibero-armoricana únicamente se conocía en yacimientos portugueses y franceses (HENRY & ROMANO, 1978), correlacionables con algunos puntos ubicados en la Zona Centroibérica española. En ellos se registran casi los mismos trilobites que en Portugal, excepto *Dionide*, *Eoharpes*, *Protolloydolithus* y *Valongia*. El hallazgo de *Primaspis* en el Darriwiliense medio representa uno de los registros más antiguos del género a nivel mundial; en el suroeste de Europa se conocía exclusivamente en el Ordovícico Superior de Mação (ROMANO, 1982).

Finalmente, en las pizarras del Oretaniense inferior (= Darriwiliense medio) del túnel asturiano se sitúan los únicos hallazgos incuestionables de trilobites rafiofóridos de la península Ibérica (GUTIÉRREZ-MARCO & BERNÁRDEZ, 2003: 248), tan sólo intuídos previamente en una localidad de la Zona Asturoccidental-Leonesa (GUTIÉRREZ-MARCO *et al.*, 1999: lám. 3, fig. 10).

3. AROUCA (ZONA CENTROIBÉRICA)

La cantera de pizarra para cubiertas ubicada en Canelas (Arouca, norte de Portugal) deparó a partir del decenio de 1920 muchos fósiles de trilobites, estudiados por vez primera por THADEU (1956). La apertura de un frente de explotación más amplio en el decenio de 1990 multiplicó el número de hallazgos paleontológicos y sirvió de base para la formación de una colección visitable junto a la cantera, que hoy en día constituye uno de los atractivos más notorios del Geoparque Arouca (distrito de Aveiro, norte de Portugal): SÁ *et al.* (2009).

Desde el punto de vista geológico, la cantera se emplaza en la mitad inferior de la Formación Valongo, en niveles datados como Oretaniense inferior (SÁ & GUTIÉRREZ-MARCO, 2006; SÁ *et al.*, 2007) y sedimentados en ambientes muy tranquilos y pobres en oxígeno, con episodios reiterados de anoxia (GUTIÉRREZ-MARCO *et al.*, 2009). La particularidad del yacimiento radica en la conservación de ejemplares completos de trilobites o mudas articuladas de los mismos. Algunos individuos alcanzan grandes dimensiones (Figs. 2A-B, I), y otros forman grupos monoespecíficos de entre una decena a cientos de ejemplares (Figs. 2C-D). Los fósiles destacan de forma esporádica a lo largo de los amplios frentes de explotación, no fosilíferos, correspondientes a planos de estratificación sucesivos. Adicionalmente, en determinados niveles se observan alineaciones longitudinales o acodadas formadas por caparazones completos de variados trilobites de menor tamaño, y también concentraciones de mudas de trilobites ocultas bajo escleritos de grandes asáfidos.

El yacimiento de Canelas es excepcional porque da cuenta de los hábitos de vida de muchos trilobites, que se reunían en grupos durante las fases de muda o reproducción (Figs. 2C, H), y a veces perecían asfixiados por fluctuaciones en los niveles de oxígeno próximos al fondo. Los ambientes más tranquilos y disódicos eran frecuentados únicamente por formas gerónticas de asáfidos y dike-locefálicos, algunas de ellas próximas al metro de longitud, y cuyos fósiles completos son muy raros o se desconocen en otros yacimientos de la misma edad. De acuerdo con GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* (2009), las notables dimensiones alcanzadas por especies como *Ogyginus forteyi* o *Hungioides bohemicus* podrían ser consecuencia del “gigantismo polar” observado en otros grupos de organismos de diversas épocas geológicas, ya que durante el Ordovícico Medio y Superior los terrenos ibéricos se situaban en la plataforma meridional de Gondwana, ubicada

por entonces en paleolatitudes periantárticas. Junto a la protección que brindaba el efecto numérico y los ambientes disaeróbicos, otra estrategia efectiva frente a los depredadores fue el ocultamiento durante la muda bajo grandes restos esqueléticos (por ejemplo, concentración de mudas de *Placoparia cambriensis* bajo pigidios de asáfidos: Fig. 2E), o en el interior de túneles excavados por otros invertebrados, utilizados por dos a tres especies distintas de dimensiones similares, donde quedaron sus mudas alineadas y a veces les sobrevino la muerte por colapso de las galerías (Fig. 2F). El yacimiento de Canelas se considera excepcional tanto por los fenómenos de gigantismo como por las variadas actitudes vitales acreditadas por distintos grupos de trilobites, muchas de las cuales ya eran conocidas por separado, pero que concurren aquí en un mismo yacimiento (SÁ & GUTIÉRREZ-MARCO, 2006, 2008; GUTIÉRREZ-MARCO *et al.*, 2009). Por otra parte, el fenómeno del gigantismo en trilobites ya era conocido desde antiguo en la Formación Valongo, en relación con una especie procedente de horizontes algo más modernos (DELGADO, 1892, 1897).

4. MONTES DE TOLEDO (ZONA CENTROIBÉRICA)

En esta región existen extensos afloramientos de pizarras fosilíferas del Oretaniense inferior, con asociaciones comparables a las de la Formación Valongo, representadas por más de 400 m de espesor en la parte inferior de la Formación Navas de Estena (= Formación Navatrasierra del sinclinal de Guadarranque). La continuidad del afloramiento hace que sea difícil deslindar yacimientos concretos, aunque los más afamados son los de Ventas con Peña Aguilera (Toledo), cuesta de Valderuelo en Navas de Estena (Ciudad Real), Parque Nacional de Cabañeros, Horcajo de los Montes (Ciudad Real), Helechosa de los Montes y Fuenlabrada de los Montes (Badajoz). Como en Arouca, las asociaciones del Oretaniense inferior contienen trilobites gigantes (Fig. 3A) pero son mucho más variadas taxonómicamente, con ciertos facópidos, calimenáceos y agnóstidos de extraordinario interés, descritos en los trabajos de RÁBANO (1983, 1989a-e, con referencias previas). Además, los trilobites conservan en los yacimientos citados su volumen y proporciones originales, incluyendo los detalles más delicados de su ornamentación, dado que no se hallan aplastados y algo deformados como sucede en el yacimiento de Arouca, y el sedimento es mucho más fino. En varios casos se han documentado también agrupamientos monoespecíficos de trilobites, incluyendo formas inmaduras de facópidos como sucede en el grupo ilustrado por RÁBANO (1989e: lám. 30, fig. 7).

5. MAÇÃO (ZONA CENTROIBÉRICA)

Los yacimientos de trilobites de la región Dornes-Mação fueron descubiertos por DELGADO (1908) y destacan por la riqueza y variedad de formas del Beirouniense medio (= Katiense inferior de la escala global), sin parangón con los de ninguna otra localidad ibérica. Los horizontes fosilíferos más llamativos se localizan en la parte inferior de la Formación Cabeço do Peão, que debuta con una capa de hierro oolítico con frecuentes trilobites transportados (Capa de Favagal, aquí más fosilífera que en Buçaco), y prosigue con 3-50 m de pizarras margosas (Miembro Queixopêrra), con abundantes trilobites completos de 17 géneros (ROMÃO *et al.*, 1995; SÁ *et al.*, 2011). En la asociación concurren formas de amplia distribución geográfica en la provincia Mediterránea, muchas de ellas

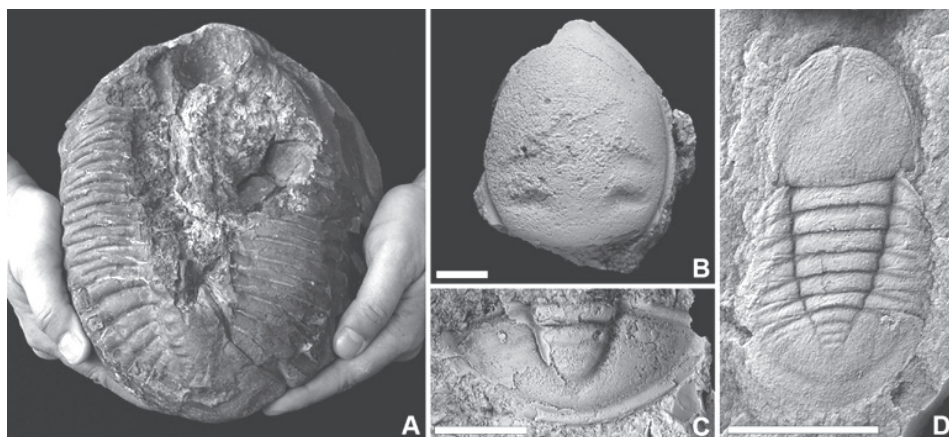


Fig. 3. **A.** *Ogyginus forteyi* Rábano, ejemplar adulto de gran talla con hipostoma *in situ*. Oretaniense inferior del Parque Nacional de Cabañeros. **B.** *Symphysops* cf. *armata* (Barrande), cefalón y pigidio conservados en caliza del Kralodvoriense, Parque Natural de la Sierra Norte de Sevilla. **D.** Gen. nov. aff. *Microparia*, del Tremadociense superior del Parque Natural de la Sierra de Aracena y Picos de Aroche (Huelva). Escala gráfica: B-D, 5 mm.

descritas por vez primera en Bohemia, junto con interesantes endemismos locales que han sido estudiados solamente en parte (ROMANO & HENRY, 1982; ROMANO, 1982, 1991). La asociación también resulta interesante por postdatar la discontinuidad Sárdica (*s. str.*) en el centro de Portugal (ROMÃO *et al.*, 1995; SÁ *et al.*, 2006), que marca una nueva etapa de amplias relaciones paleobiogeográficas en la plataforma gondwaniense de Europa y África. El yacimiento más prolífico del Miembro Queixopêrra se sitúa al este de Aboboreira y se halla en vías de protección, tras haber alcanzado fama mundial entre los coleccionistas de trilobites.

6. NORTE DE HUELVA Y SEVILLA (ZONA DE OSSA-MORENA)

Las asociaciones de trilobites ordovícicos de la Zona de Ossa-Morena mantienen notables diferencias taxonómicas con las descritas en las restantes áreas del Macizo Hespérico, desconociéndose la existencia de taxones comunes para las distintas épocas y edades, salvo una especie de ilénido de edad Kralodvoriense (= Katiense superior de la escala global), representada en Aragón en un contexto muy diferente (HAMMANN, 1992).

Desde el punto de vista paleobiogeográfico, los trilobites del Ordovícico Medio y Superior de los sinclinales variscos del norte de Sevilla mantienen ciertas semejanzas con las asociaciones con ciclopígidos conocidas en Bohemia, sureste de Cerdeña y sur del Macizo Armoricano, lo mismo que sucede con hiolítidos y equinodermos (LEFEBVRE & GUTIÉRREZ-MARCO, 2007; GUTIÉRREZ-MARCO *et al.*, 2007). La razón estriba en que pertenecen a ambientes más distales y profundos que los representados en la plataforma centroibérica, habiendo ocupado un área externa a la misma, con la que acabó yuxtaponiéndose por tectónica transcuriente (ROBARDET & GUTIÉRREZ-MARCO, 2004).

Como hecho singular en el Macizo Hespérico, las asociaciones de trilobites ordovícicos documentadas en secciones de los parques naturales de la Sierra de Aracena y Sierra Norte de Sevilla contienen ciclopígidos pelágicos (Figs. 3B-D)

y asociaciones dominadas por nileidos, asáfidos, ilénidos, facópidos y calimenáceos, en parte ilustrados por GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* (1984), pero que permanecen en su mayoría sin describir. La existencia de estos yacimientos excepcionales con trilobites ciclopígidos, materializados por tres localidades aisladas en las provincias de Huelva y Sevilla, desbarata la concepción simplista de FORTEY & COCKS (1992), quienes presentan su hipotética “línea Nantes-sarda” como un elemento paleogeográfico que tener en cuenta para la reconstrucción de la paleogeografía ordovícica en el suroeste de Europa, en el sentido de la existencia de un brazo de mar de mayor profundidad relacionado con un aulacógeno gondwánico en el suroeste de Europa (FORTEY & COCKS, 2003).

7. CONCLUSIONES

Entre los centenares de localidades con trilobites ordovícicos conocidos en la península Ibérica, solamente algunas reúnen características singulares como para que podamos calificarlas de yacimientos excepcionales. Entre éstas destacan la conservación de huevos, formas larvarias e improntas de tejidos blandos (Túnel Ordovícico del Fabar); los fenómenos de obrucción (enterramiento catastrófico), con trilobites conservados en posición de vida, denotando los hábitos gregarios y de comportamiento durante el crecimiento, muda o reproducción (Arouca, Túnel Ordovícico del Fabar y Montes de Toledo); la existencia de trilobites de gran talla relacionados con fenómenos de “gigantismo polar” (Arouca y Montes de Toledo); las novedades taxonómicas presentes y por llegar en cuanto a las asociaciones post-sárdicas ibéricas (Mação); y las biofacies de ciclopígidos (trilobites pelágicos) de la Zona de Ossa-Morena (yacimientos del norte de Huelva y Sevilla).

AGRADECIMIENTOS

A Carlos Alonso (Universidad Complutense de Madrid), por su ayuda en la confección de las ilustraciones fotográficas. Al Dr. Antonio Perejón (CSIC), homenajead en el presente volumen, por sus muchos años de amistad compartida. Este trabajo es una contribución al proyecto CGL2012-39471 del Ministerio de Economía y Competitividad, y a la Acción Estratégica 052/2009 de la Red de Parques Nacionales.

BIBLIOGRAFÍA

- BARRANDE, J. 1852. *Système Silurien du centre de la Bohême. 1ère Partie: Recherches Paléontologiques. Vol. I. Crustacés: Trilobites*. xxx + 935 págs. Chez l’auteur et éditeur. Prague.
- BORN, A. 1918. Die *Calymene tristani*-Stufe (mittleres Untersilur) bei Almaden, ihre Fauna, Gliederung und Verbreitung. *Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft*, **36**: 309-358.
- DELGADO, J.F.N. 1892. *Fauna Silurica de Portugal. Descrição de uma fôrma nova de Trilobite*, Lichas (Uralichas) Ribeiroi. 31 págs. Comissão dos Trabalhos Geológicos de Portugal. Typographia da Academia Real das Sciencias. Lisboa.
- DELGADO, J.F.N. 1897. *Fauna Silurica de Portugal. Novas observações ácerca de Lichas (Uralichas) Ribeiroi*. 34 págs. Direcção dos Trabalhos Geologicos de Portugal. Typographia da Academia Real das Sciencias. Lisboa.

- DELGADO, J.F.N. 1908. *Système Silurique du Portugal. Étude de stratigraphie paléontologique*. 245 págs. Memórias e Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- FORTEY, R.A. & COCKS, L.R.M. 1992. The early Palaeozoic of the North Atlantic region as a test case for the use of fossils in intercontinental reconstruction. *Tectonophysics*, **206**: 147-158.
- FORTEY, R.A. & COCKS, L.R.M. 2003. Palaeontological evidence bearing on global Ordovician-Silurian continental reconstructions. *Earth-Science Reviews*, **61**: 245-307.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. & BERNÁRDEZ, E. 2001. Un perfil bioestratigráfico excepcional en el Ordovícico de Asturias (Túnel de El Fabar, Autovía del Cantábrico): resultados preliminares. In: MELÉNDEZ, G., HERRERA, Z., DELVENE, G. & AZANZA, B. (eds.), *Los fósiles y la Paleogeografía*. Págs. 521-528. Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza (SEPAZ), 5 (2), Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. & BERNÁRDEZ, E. 2003. *Un tesoro geológico en la Autovía del Cantábrico. El Túnel Ordovícico del Fabar, Ribadesella (Asturias)*. 398 págs. Ministerio de Fomento. Madrid.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., RÁBANO, I. & ROBARDET, M. 1984. Estudio bioestratigráfico del Ordovícico del sinclinal del Valle (prov. de Sevilla, SO de España). *Memórias e Notícias, Publicações do Museu e Laboratorio Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra*, **97**: 1-37.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., RÁBANO, I. & ROBARDET, M. 2007. The Ordovician atheloptic and cyclopygid trilobite assemblages from the Ossa-Morena Zone (SW Iberian Peninsula, Spain) and their palaeogeographic significance. In: *Abstracts 1st international Palaeobiogeography Symposium*. Pág. 46. Université Pierre et Marie Curie. Paris.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., ARAMBURU, C., ARBIZU, M., BERNÁRDEZ, E., HACAR RODRÍGUEZ, M.P., MÉNDEZ-BEDIA, I., MONTESINOS LÓPEZ, R., RÁBANO, I., TRUYOLS, J. & VILLAS, E. 1999. Revisión bioestratigráfica de las pizarras del Ordovícico Medio en el noroeste de España (Zonas Cantábrica, Asturoccidental-leonesa y Centroeibérica septentrional). *Acta Geológica Hispánica*, **34**: 3-87.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., BERNÁRDEZ, E., RÁBANO, I., SARMIENTO, G.N., SENDINO, M.C., ALBANI, R. & BAGNOLI, G. 2003. Ordovician on the move: geology and paleontology of the "Túnel Ordovícico del Fabar" (Cantabrian free highway A-8, N Spain). *INSUGEO, Serie Correlación Geológica*, **17**: 71-77.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., SÁ, A.A., GARCÍA-BELLIDO, D.C., RÁBANO, I. & VALÉRIO, M. 2009. Giant trilobites and trilobite clusters from the Ordovician of Portugal. *Geology*, **37**: 443-446.
- HAMMANN, W. 1974. Phacopina und Cheirurina (Trilobita) aus dem Ordovizium von Spanien. *Senckenbergiana lethaea*, **53**: 1-151.
- HAMMANN, W. 1976. Trilobiten aus dem oberen Caradoc der östlichen Sierra Morena (Spanien). *Senckenbergiana lethaea*, **57**: 35-85.
- HAMMANN, W. 1983. Calymenacea (Trilobita) aus dem Ordovizium von Spanien; ihre Biostratigraphie, Ökologie und Systematik. *Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft*, **542**: 1-177.
- HAMMANN, W. 1992. The Ordovician trilobites from the Iberian Chains in the province of Aragón, NE-Spain. I. The trilobites of the Cystoid Limestone (Ashgill Series). *Beringeria*, **6**: 3-219.
- HENRY, J.-L. & ROMANO, M. 1978. Le genre *Dionide* Barrande, 1847 (Trilobite) dans l'Ordovicien du Massif Armoricaín et du Portugal. *Geobios*, **11**: 327-343.
- LEFEBVRE, B. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. 2007. Echinoderms from the Middle Ordovician of Ossa Morena (SW Iberian Peninsula): Palaeobiogeographic and palaeoenvironmental implications. In: ÁLVARO, J.J. & VILLAS, E. Eds., *IGCP Project 503. Regional Meeting and Field-trip Zaragoza 2007*. pág. 15. Publicaciones Universidad de Zaragoza. Zaragoza.

- LIN, J.-P., SCOTT, A.C., LI, C.-W., WU, H.-J., AUSICH, A.I., ZHAO, Y.-L. & HWU, Y.-K. 2006. Silicified egg clusters from a Middle Cambrian Burgess Shale-type deposit, Guizhou, south China. *Geology*, **34**: 1037-1040.
- RÁBANO, I. 1983. The Ordovician trilobite *Hungioides* Kobayashi, 1936 (Asaphina, Dikelocephalinidae) from Spain. *Geobios*, **16**: 431-441.
- RÁBANO, I. 1989a. El género *Uralichas* Delgado, 1892 (Trilobita, Lichaida) en el Ordovícico de la Península Ibérica. *Boletín Geológico y Minero*, **100**: 21-47.
- RÁBANO, I. 1989b-e. Trilobites del Ordovícico Medio del sector meridional de la Zona centroibérica española. *Boletín Geológico y Minero*, **100**: 307-338 (parte 1), 541-609 (parte 2), 767-841 (parte 3), 971-1032 (parte 4). [Reimpreso en 1990 como: *Trilobites del Ordovícico Medio del sector meridional de la Zona centroibérica española*. 233 págs. Publicaciones Especiales del Boletín Geológico y Minero. Madrid].
- RIBEIRO, C., SHARPE, D., SALTER, J.W., JONES, T.R. & BUNBURY, C.J.F. 1853. On the Carboniferous and Silurian formations in the neighbourhood of Bussaco, Portugal. With notes and descriptions of animal remains, and an account of the vegetable remains. *The Quarterly Journal of the Geological Society of London*, **9**: 135-161.
- ROBARDET, M. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. 2004. The Ordovician, Silurian and Devonian sedimentary rocks of the Ossa-Morena Zone (SW Iberian Peninsula, Spain). *Journal of Iberian Geology*, **30**: 73-92.
- ROMÃO, J.M., GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., RÁBANO, I., OLIVEIRA, J.T. & MARQUES GUEDES, A. 1995. A Formação de Cabeço do Peão (Ordovícico Superior) no sinforma Amêndoa-Carvoeiro (SW da ZCI) e a sua correlação estratigráfica na província mediterrânica. *Memórias do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade do Porto*, **4**: 121-126.
- ROMANO, M. 1975. Harpid trilobites from the Ordovician of North Portugal. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **59**: 27-36.
- ROMANO, M. 1976. The trilobite genus *Placoparia* from the Ordovician of Valongo area, north Portugal. *Geological Magazine*, **113**: 11-28.
- ROMANO, M. 1980. The trilobite *Eccoptochile* from the Ordovician of Northern Portugal. *Palaeontology*, **23**: 605-616.
- ROMANO, M. 1982. A revision of the Portuguese Ordovician Odontopleuridae (Trilobita): *Selenopeltis* and *Primaspis*. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **68** (2): 213-223.
- ROMANO, M. 1991. Trilobites from the Ordovician of Portugal. *Palaeontology*, **34**: 329-355.
- ROMANO, M. & HENRY, J.-L. 1982. The trilobite genus *Eoharpes* from the Ordovician of Brittany and Portugal. *Palaeontology*, **25** (3): 623-633.
- SÁ, A.A. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. (coord.). 2006. *Trilobites gigantes das ardósias de Canelas (Arouca)*. 205 págs. Ardósias Valério & Figueiredo. Madrid.
- SÁ, A.A. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. 2008. *Giant Ordovician trilobites from Canelas (Arouca Geopark, northern Portugal)*. *Fourth International Trilobite Conference, Pre-Conference field trip guide*. 20 págs. Câmara Municipal de Arouca-Museo Geominero. Madrid.
- SÁ, A.A., GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., RÁBANO, I. & VALÉRIO, M. 2007. Palaeontology and stratigraphy of the Ordovician in the Arouca region (central Portugal). *Acta Palaeontologica Sinica*, **46** (Suppl.): 434-439.
- SÁ, A.A., MEIRELES, C., GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. & COKE, C. 2006. A sucessão de Ordovícico Superior de Trás-os-Montes (Zona Centro-Ibérica, Portugal) e sua correlação com Valongo e Buçaco. In: MIRÃO, J. & BALBINO, A. Coords. *Resumos alargados VII Congresso Nacional de Geologia*, 2. Págs. 621-624. Sociedade Geológica de Portugal, Universidade de Évora. Lisboa, Évora.
- SÁ, A.A., PIÇARRA, J., VAZ, N., SEQUEIRA, A. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. 2011. *11th International Symposium on the Ordovician System. Pre-Conference Field Trip Guide. Ordovician of Portugal. May 3rd-8th, 2011*. 79 págs.

- SÁ, A.A., BRILHA, J., ROCHA, D., COUTO, H., RÁBANO, I., MEDINA, J., GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., CACHÃO, M. & VALÉRIO, M. 2009. *Geopark Arouca. Geologia e Património Geológico*. 136 págs. Associação Geoparque Arouca, SerSilito Gráfica Lda. Arouca.
- SHARPE, D. 1849. On the Geology of the neighbourhood of Oporto, including the Silurian coal and slates of Valongo. *The Quarterly Journal of the Geological Society of London*, **5**: 142-153.
- THADEU, D. 1947. Trilobites do Silúrico de Loredo (Buçaco). *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, **6**: 217-236.
- THADEU, D. 1949. Calimenídeos portugueses. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, **8**: 29-134.
- THADEU, D. 1956. Note sur le silurien beiro-durien. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, **12**: 1-38.
- TORRUBIA, J. 1754. *Aparato para la Historia Natural Española*. Tomo Primero. xxiv + 234 + 34 págs. Imprenta de los Herederos de Don Agustín de Gordejuela y Sierra. Madrid.
- VERNEUIL, E. DE & BARRANDE, J. 1855. Descriptions des fossiles trouvés dans les terrains Silurien et Dévonien d'Almaden, d'une partie de la Sierra Morena et des montagnes de Tolède. *Bulletin de la Société Géologique de France* [2e série], **12**: 964-1025.